Nota Web

DESARROLLO DE LOS GEMELOS DIGITALES Y LAS CELDAS DE FABRICACIÓN DEL ASTILLERO 4.0. DE NAVANTIA (PROYECTO F4ST)

IN854A 2019/06

El proyecto F4ST, con un presupuesto de 10M€, forma parte del programa de ayudas INDUSTRIAS DEL FUTURO 4.0 – FÁBRICA INTELIGENTE y está cofinanciado por la XUNTA DE GALICIA a través de la AXENCIA GALEGA DE INNOVACIÓN (GAIN) con el apoyo de la Consellería de Economía, Emprego e Industria y los Fondos FEDER en el marco del Eje 1 del programa operativo FEDER GALICIA 2014-2020.

Este proyecto se integra dentro del Plan Estratégico de NAVANTIA (PEN) 2018-2022, y ha concluido en abril de 2023 tras cuatro años de intenso trabajo.

Este proyecto de I+D+i, basado en el desarrollo e implementación de novedosas soluciones y tecnologías de vanguardia, obedeció a la necesidad de mejorar la capacidad de respuesta en distintas líneas de producción. Esto se consiguió mediante el diseño, desarrollo y validación de celdas de fabricación innovadoras, eficientes y flexibles que pudiesen satisfacer las necesidades tecnológicas de la Fábrica Digital de Bloques de Ferrol y el taller de nudos offshore de Fene.

El desarrollo de estas celdas y pilotos facilitó la transformación de los procesos de construcción naval y offshore maximizando su grado de automatización a través de la implementación de tecnologías avanzadas como robótica, visión artificial, sensórica cognitiva, sistemas de control auto-adaptativas o analítica avanzada de datos (machine y Deep learning), que convertirán al astillero de Fene-Ferrol en el más digitalizado y robotizado a nivel mundial.

Los trabajos técnicos acometidos por el equipo investigador han permitido la consecución de la práctica totalidad de los objetivos previstos al inicio del proyecto, por los cuales, ha sido posible la puesta en marcha de innovaciones en distintos campos de aplicación todos ellos bajo un denominador común, el concepto industria 4.0.

A continuación, se presentan los avances más significativos conseguidos en la anualidad 2023:

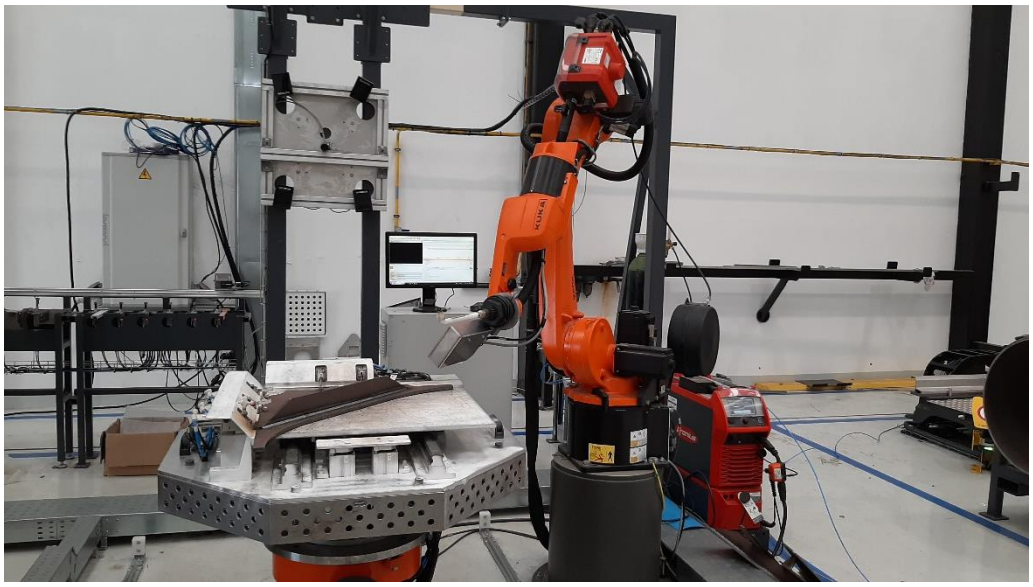
- **Celda multipropósito para la soldadura automatizada de soportes y previas menores**

En esta anualidad se ha finalizado el desarrollo y la integración de una celda piloto para el montaje y soldadura de elementos de prearmamento, como son los soportes para canalizaciones eléctricas, tuberías, etc. tanto comerciales como no comerciales y previas menores.

Esta celda dispone de un fuerte grado de automatización/robotización de las operaciones y montaje de los elementos citados incluyendo sistemas de visión artificial para la detección y clasificación de elementales (chapas base y refuerzos), un robot para la manipulación de estos elementales y otro para su soldadura automática sobre una mesa rotativa y garras manipuladoras compatibles con diferentes tipos de soportes.

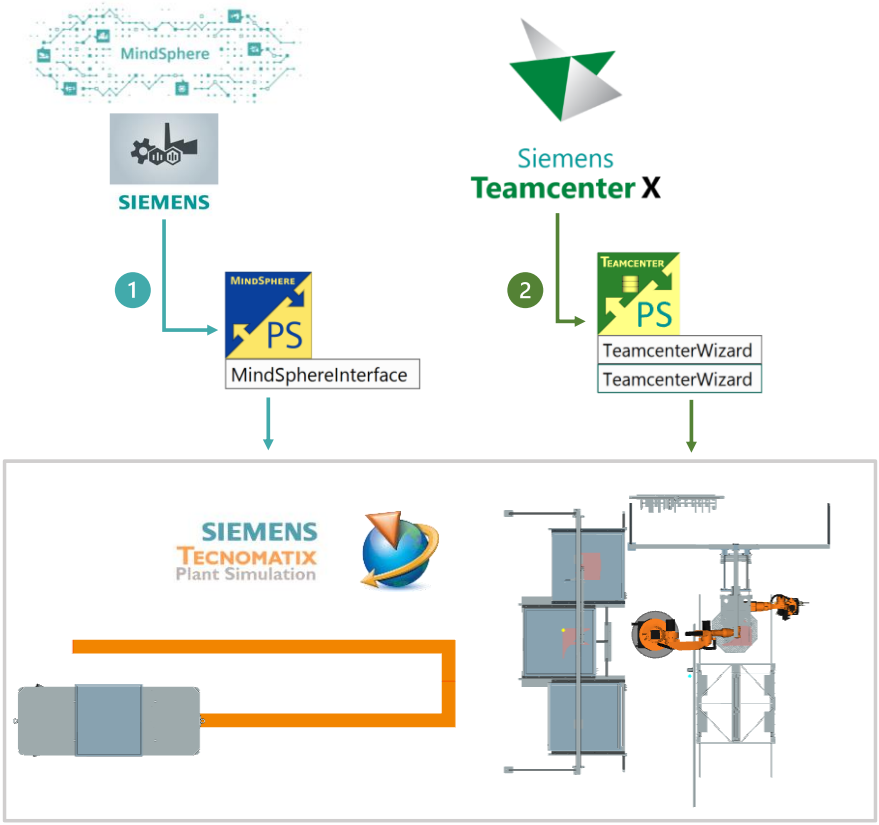
En lo que a sistemas de transporte de las bandejas mediante AGV se refiere, se ha realizado la integración y puesta en marcha de este sistema de desplazamiento con la celda. En concreto, se han programado las trayectorias y misiones que debe realizar el AGV mediante el sistema de navegación BlueBotics conectado vía WiFi.

Con respecto a la anterior anualidad, la celda de previas menores cuenta con un sistema de inspección visual (perfilómetro láser) para realizar el control de calidad el cordón de soldadura de forma inmediatamente posterior a realizar esta.



Además, para la celda de soportes se ha diseñado y desarrollado una garra robotizada que permite soldar soportes de metopa circular haciendo uso de un solo robot, optimizando así el tiempo de ciclo, los recursos, el consumo energético de la celda y mejorando la soldadura al evitar deformaciones en la chapa base provocadas por el aporte térmico del proceso.

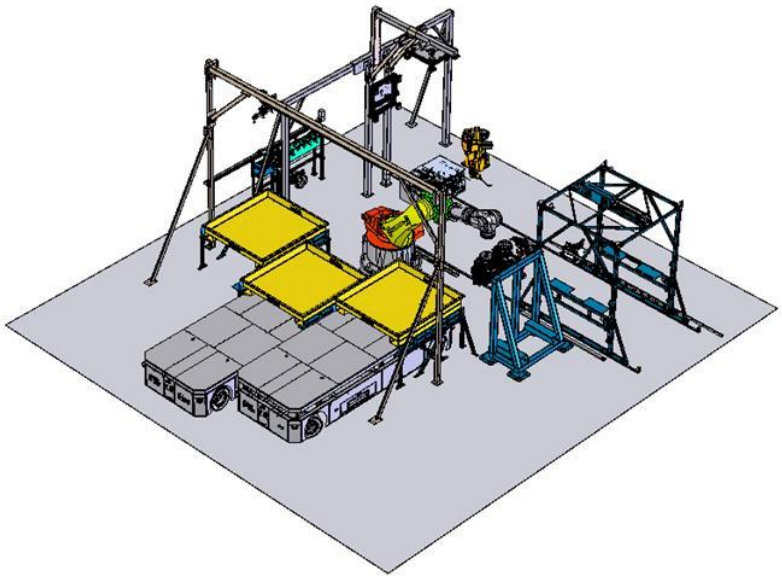
Por otra parte, durante esta anualidad se ha realizado una recopilación de las señales de la celda real para hacer uso de estas en el desarrollo de los Gemelos Digitales de Planta y Proceso. Respecto al Gemelo Digital de proceso de la celda, se han empleado estos datos para subirlos a la plataforma cloud MindSphere y conectarlo con el modelo de simulación en Plant Simulation. Además, se consiguió la conexión del software PLM de Navantia (TeamCenter) con Plant Simulation, que nos permite conocer información sobre el producto.



En cuanto al Gemelo Digital de Planta desarrollado en Process Simulate, se han continuado los avances del Commissioning Virtual de la celda. De este modo, es posible implementar modificaciones en la misma mediante una reprogramación offline de los robots que ayude, además, a detectar colisiones, validar la lógica del PLC, comprobar el diseño de la celda desde un punto de vista funcional o ergonómico y estudiar la viabilidad de una automatización, así como un rediseño del proceso.

Por otro lado, se ha logrado la conexión en tiempo real del modelo virtual con la celda física a través del protocolo de comunicación OPC UA. Esto permite visualizar en tiempo real todos los

movimientos de la planta directamente en nuestro modelo de simulación.



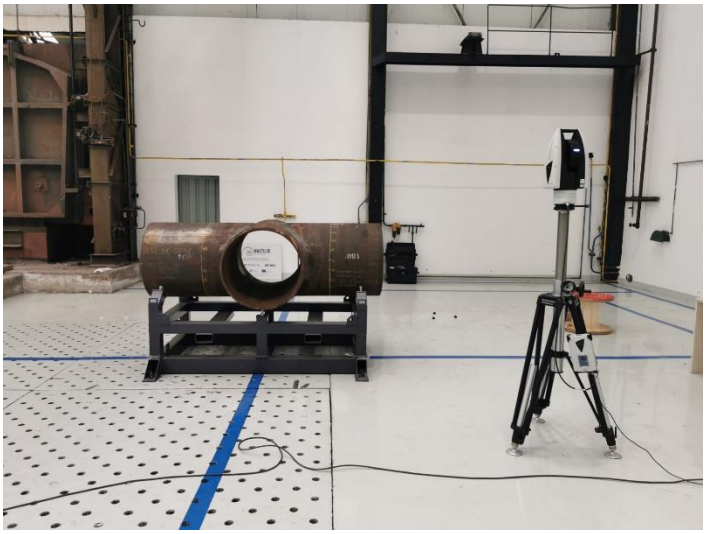
Todas estas tecnologías junto con los Gemelos Digitales se han testeado de forma conjunta en las instalaciones del Centro de Innovación y Servicios (CIS), concretamente en el Centro de Excelencia del Sector Naval (CESENA).

- **Celda de Control Dimensional de Nudos e Injertos**

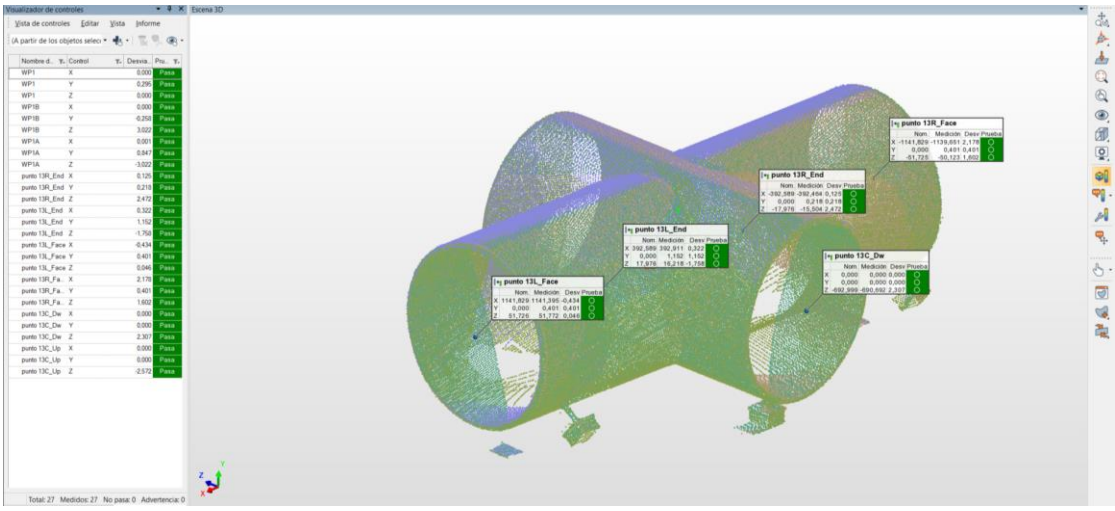
En esta anualidad se ha culminado la instalación e integración de las celdas de CD de nudos e injertos en entorno productivo, esto es, el nuevo Centro de Innovación y Robótica (CIR) del Astillero de Ferrol donde se encuentran la mayoría de las celdas piloto del proyecto.

  - Celda de Control Dimensional de Nudos

La celda consta de un sistema de medición láser Leica Absolute Tracker para el escaneado de la pieza en cuestión que va montado sobre un trípode telescópico MST36. Estos dispositivos permiten una máxima precisión a la hora de la medición, así como de la toma de datos y su cálculo posterior.



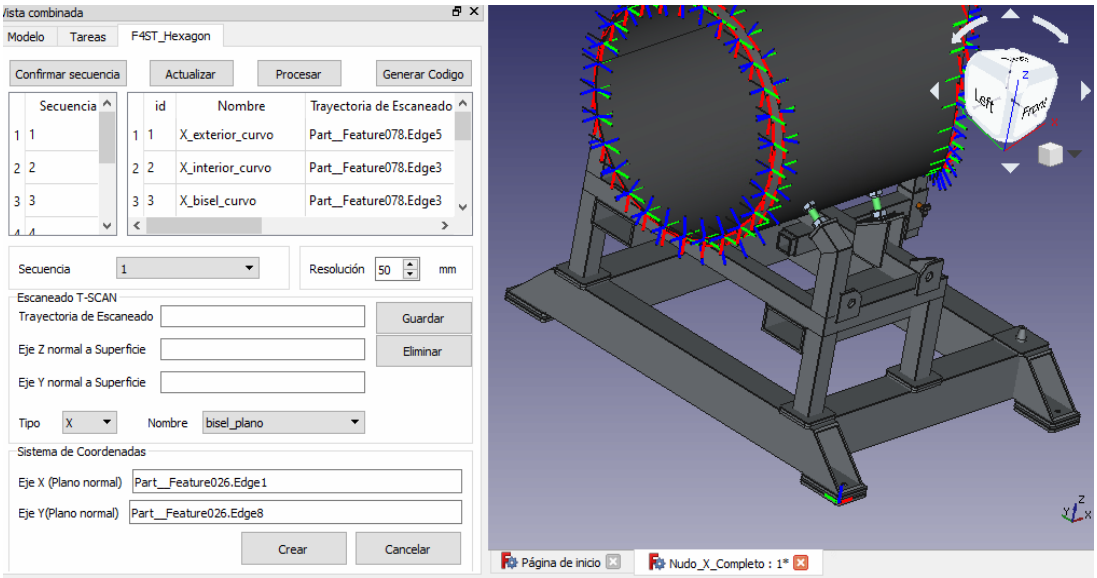
Gracias al conjunto de reflectores modelo Leica RRR de 1.5” y mediante tecnologías láser como la ADM e IFM, es posible definir la localización del ATS600 en cada instante durante todo el proceso de escaneado. Por último, con el software de análisis dimensional PolyWorks Inspector, se procesa la información obtenida y se realizan y exportan. los informes metrológicos.



- Celda de Control Dimensional de Injertos

En este demostrador, se ha llevado a cabo el diseño y simulación de una celda robotizada para el CD de injertos de nudos soldados. Mediante la integración del robot en un eje lineal y el diseño de una garra customizada para la inspección de las bocas de los diferentes injertos se ha conseguido el acceso a la parte interna, frontal y externa de los mismos, logrando un escaneado completo.

Para poder acometer este proceso, se implementaron con la ayuda del software RoboDK, diferentes trayectorias con el objetivo de analizar posibles colisiones y conocer el alcance del robot en su entorno de trabajo.



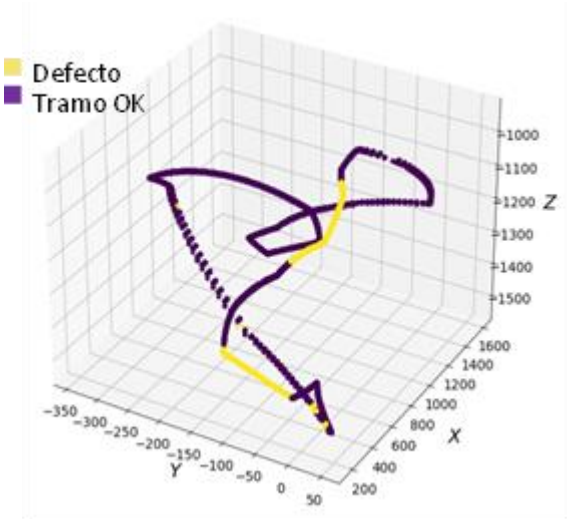
- **Celda de Soldadura Robotizada de Nudos**

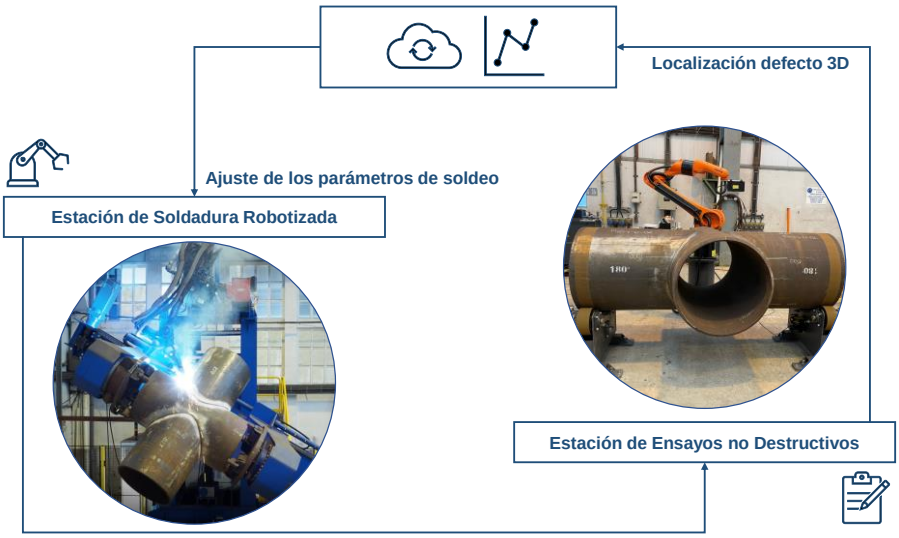
En esta última anualidad se ha continuado con la evolución del software ampliando sus capacidades para conseguir una mayor flexibilidad en el proceso de soldeo.

Más concretamente, se han realizado diferentes pruebas con distintos diámetros de hilo, estudiando qué parámetros son los óptimos para la consecución de un máximo rendimiento.

Por otro lado, se ha desarrollado una Estrategia Cero Defectos en la línea de fabricación de nudos para jackets. Esta estrategia consiste en el desarrollo de un sistema que, a partir de la localización 3D del defecto proporcionada por los ensayos no destructivos (END) del cordón de soldadura de los nudos, permita identificar los parámetros de soldeo relativos a esa posición (número de cordón, velocidad de soldeo, intensidad, voltaje, material de aporte, ángulo de la antorcha, etc.). Así, con la información que proporcionan los END y mediante técnicas de Machine Learning fue posible identificar el cordón afectado y sus variables de soldeo con el fin de analizar el efecto de estos parámetros en el fallo. De esta forma, se pudo conocer cuáles

son los parámetros de la soldadura que más intervinieron en la generación de defectos. En concreto, la desviación estándar del voltaje y corriente y el mínimo valor del voltaje tras haber utilizado técnicas de regresión logística.



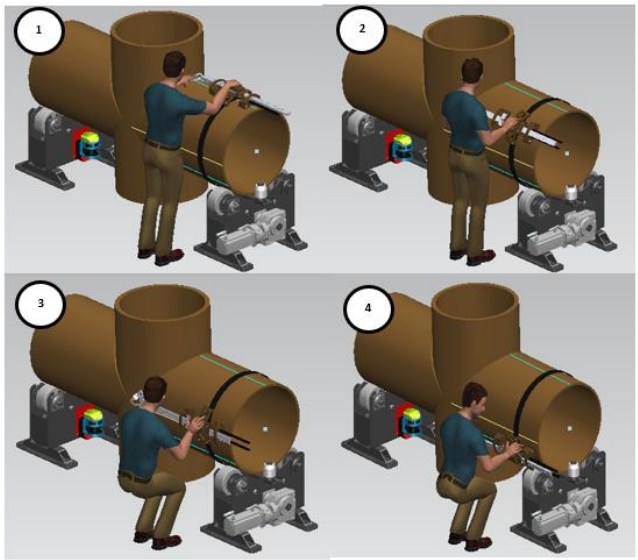


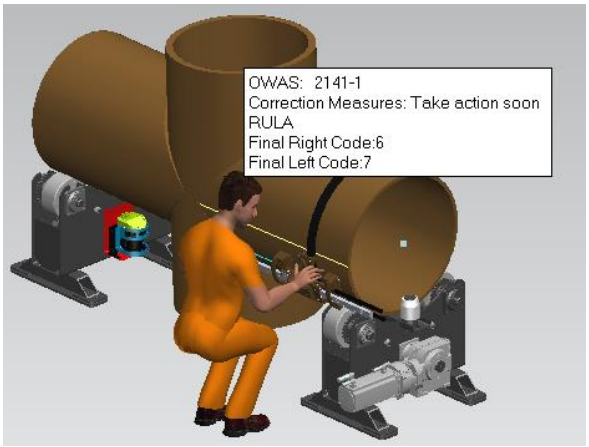
- **Celda prototipo de Ensayos No Destructivos (END) automatizada de uniones soldadas.**

Dentro de la celda de ensayos encontramos dos avances importantes durante esta anualidad:

- Inspección por Ultrasonidos Phased-Array

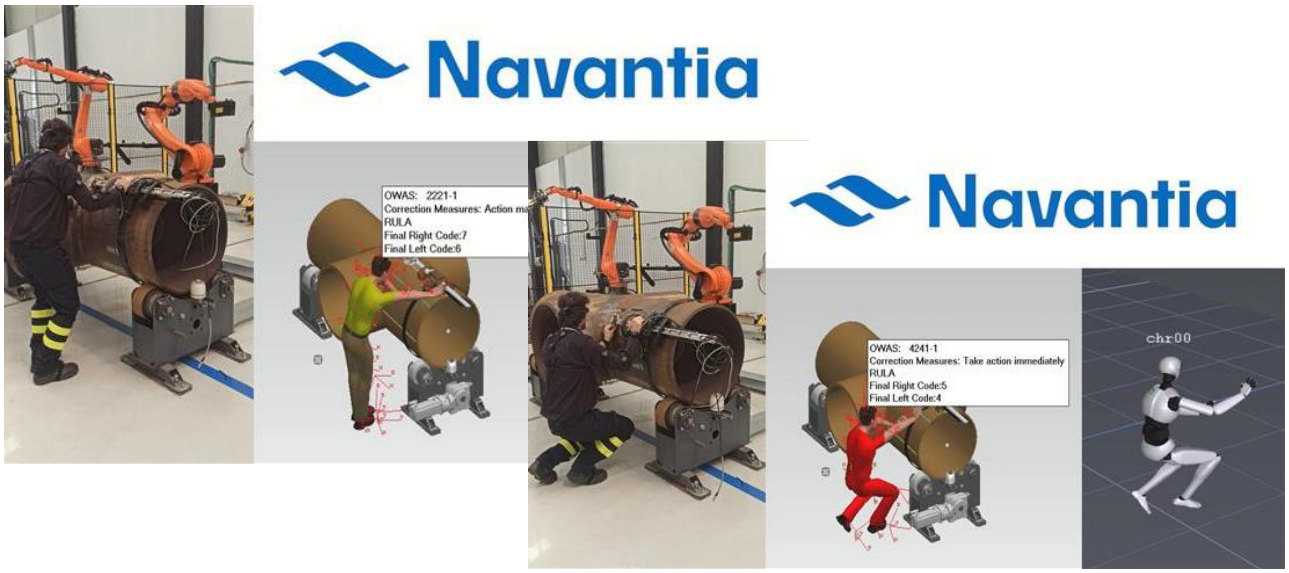
En primer lugar, debido a que, por su naturaleza los ensayos no destructivos de los nudos de las jackets requieren el acceso del operario a todas las uniones soldadas para inspeccionarlas, se ha decidido realizar un análisis ergonómico con el fin de mitigar posibles riesgos y lesiones.





Para ello, se ha hecho uso del software Process Simulate mediante el módulo HUMAN, así como del equipo de captura de movimiento Perception Noitom Studio, equipado con un total de 18 sensores corporales.

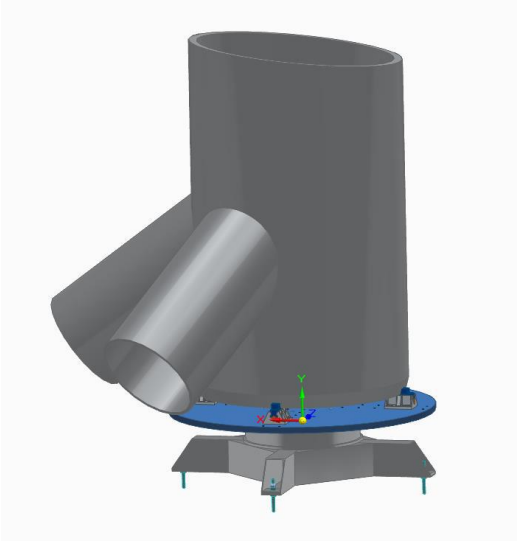
De esta forma, se ha estudiado mediante diferentes indicadores de métodos como RULA, REBAS, OWA, etc. la carga de trabajo del operario que se encarga de desplazar el utillaje de inspección por toda la superficie del cordón de soldadura. Este análisis ha servido para detectar a tiempo los riesgos musculoesqueléticos durante todo el proceso de inspección, estableciendo la posibilidad de implementar estrategias y planes de mitigación para la reducción de lesiones.



Por otra parte, a raíz del análisis ergonómico realizado, se está estudiando la posibilidad de robotizar o automatizar dicho proceso de inspección, para lo que fue necesario diseñar una solución técnica basada en un plato de giro del nudo y una estructura portante para el mismo.

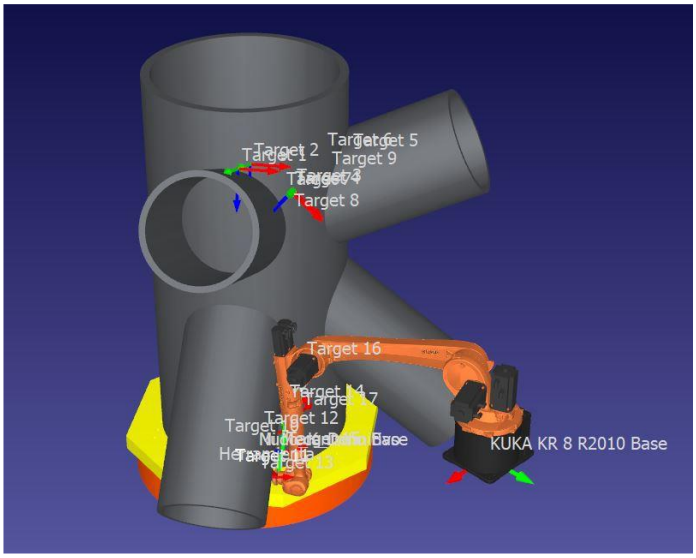
Con ello, en el caso de seguir siendo inspeccionado por un operario, se consigue facilitar su

trabajo, de forma que desde un mismo punto pueda acometer el ensayo completo. Para la opción robotizada, el nudo giraría de manera automática y el palpador sería manipulado por un robot, logrando una trazabilidad total de la posición del nudo.



Una vez desarrollado este sistema, se han evaluado técnicamente las posibles soluciones para el movimiento del palpador coordinado con el giro del nudo. Se ha llegado a la conclusión de que la mejor solución para realizar el desplazamiento del palpador por el nudo sería un brazo robótico con motor de giro para accesorio en la cabeza y un sistema de control y ajuste de presión con lo que poder ajustar la presión del palpador contra la pieza, lo que es sumamente importante para conseguir una buena medición.

Así, se han realizado diferentes pruebas para la ubicación del robot en el entorno del plato de giro, en búsqueda de la longitud ideal del robot y el modelo por capacidad de carga y precisión.



- Inspección visual del cordón de soldadura

En esta anualidad se han integrado todos los equipos de la celda en el Centro de Innovación y Robótica. Así, se lleva a cabo el montaje del cuadro eléctrico y se realizan las reformas

necesarias para la integración dentro del armario del PC de gestión del software de detección. De esta manera todos los elementos necesarios para el funcionamiento de la celda quedan integrados en el armario.

Además, se han realizado modificaciones en el sistema de control referentes tanto a la integración de elementos de seguridad como mejoras en la información suministrada al operador. Específicamente se han instalado dos nuevos escáneres de seguridad Leuze RSL400 que se han instalado de forma que cubran toda la zona de trabajo. En ambos se han configurado las áreas de detección, la detección de cualquier elemento dentro del área de detección provocará el paro inmediato de la celda.

Por otro lado, se implementaros mejoras en la información del operario para las condiciones necesarias para el inicio de los ciclos de escaneo.

- Piloto de paletizado de chapas

Por último, en esta anualidad se han instalado, con el fin de sensorizar el Taller de Elaborado, una serie de antenas UWB que tienen como objetivo la monitorización de los activos de la planta en tiempo real. Estas, mediante la instalación de unos tags, permiten conocer la ubicación y posición de cualquier objeto en el taller.

El software empleado para el control y mantenimiento de antenas y tags ha sido RTLS Studio, que se ha conseguido integrar en la red de Navantia mediante su instalación en una máquina virtual.

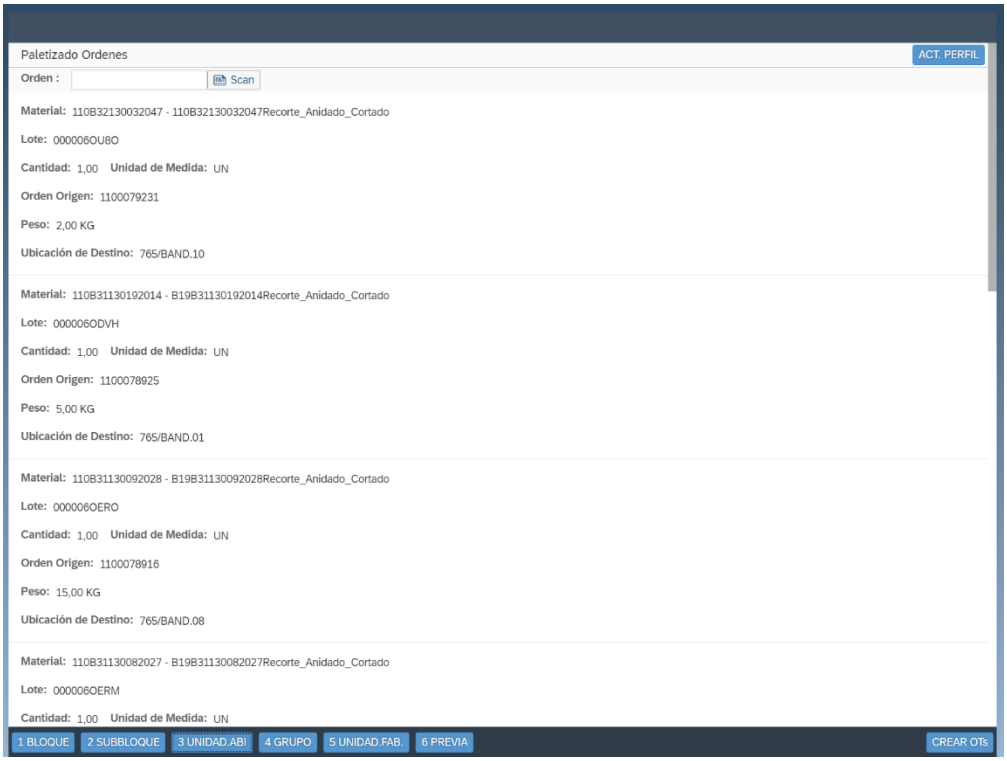
En cuanto al movimiento de chapas, se han adquirido dos pullers controlados de forma remota por radiocontrol que pueden emplearse de forma conjunta o individual para transportar las bandejas.

En lo relativo a las bandejas, se ha optado por un diseño modular que posibilite el uso de dos trolleys independientes o bien, unidos entre sí. Estas últimas disponen de un código datamatrix en la parte inferior que permite a los pullers posicionarse de forma adecuada antes de iniciar el movimiento.

Por otro lado, hay que hablar del posicionamiento, carga y descarga de las chapas en las bandejas y ubicaciones de destino. Para ello se ha contado con una grúa GH que se ha digitalizado poder incluir la visualización y la posición de la misma en la propia aplicación.

Finalmente, como valor añadido al piloto, se ha desarrollado en varios softwares primero e integrado más tarde en el entorno SAP de Navantia, un algoritmo de optimización de reparto de chapas en bandejas de forma que el uso de estas últimas sea el mínimo posible. Para ello se ha tenido en cuenta la procedencia de las diferentes chapas, sus pesos y dimensiones, así como la estación de destino donde tiene que ser transportada.

El objetivo final es poder proporcionar al operario la información de las bandejas a las que debe transportar cada una de las chapas. En este sentido de ha diseñado un HMI que, además de indicar el nivel por el que deseamos paletizar, muestra la propuesta de reparto de las chapas.



Principales colaboradores

AIMEN es una de las entidades contratadas por NAVANTIA para colaborar en esta iniciativa con la que se dará continuidad a la colaboración iniciada con el proyecto FEWIND y la UMI NAUTILUS, ya finalizados. En este proyecto AIMEN trabajará en el desarrollo y despliegue en NAVANTIA de una serie de soluciones para el control dimensional e inspección de nudos para la línea de Jackets, y de una celda de fabricación multipropósito junto con sus tecnologías asociadas para la línea de Sub-Bloques. De estas tecnologías cabe destacar el control en línea de la calidad de los procesos de fabricación mediante inspección no destructiva, control dimensional, etc; la monitorización de procesos de soldadura, robótica flexible, y sistemas multifuncionales y adaptativos.

El Grupo **INTAF**, grupo de empresas gallego que actualmente es una referencia en el sector de la fabricación de bienes de equipo y reparaciones mecánicas, que presenta un amplio historial de colaboración con NAVANTIA, tanto en el campo de la

Construcción Naval como en el de la Eólica Marina, habiendo colaborado tanto en el proyecto INNTERCONECTA FEWIND como en la fabricación de nudos soldados para los Jackets del parque WIKINGER de IBERDROLA. Tanto NEODYN (Ingeniería) como INTAF PROMECAN (Fabricación), participan en el diseño y fabricación de las estructuras portantes y sus respectivos accionamientos que se integrarán en las líneas de fabricación de Jackets y Sub-Bloques.

La empresa gallega **ELECTRORAYMA**, dedicada a la fabricación, montaje y mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos para los sectores del naval, industrial y de las energías renovables. ELECTRORAYMA posee un amplio historial de colaboración con NAVANTIA y, al igual que el Grupo INTAF, ha participado en el desarrollo de la celda robotizada prototipo de FEWIND. ELECTRORAYMA se encarga de todo el desarrollo de la parte eléctrica y electrónica, así como de la integración de las diferentes estaciones que conformarán las líneas de fabricación de Jackets y Sub-Bloques.

La empresa **SEAQX** se especializa en el diseño y la producción de nuevos sistemas de transporte para la industria pesada (entre ellas, el naval). Durante este período, han sido los encargados del desarrollo y el suministro de un sistema de desplazamiento automático de chapas y bandejas, sincronizado y que permite tener un control remoto de los diferentes equipos que lo componen. SEAQX suministrara los sistemas de transporte para el taller de nudos.

DTA es una empresa a nivel mundial especializada en el diseño y fabricación de soluciones propias para el movimiento de cargas pesadas o especiales dentro de la industria pesada (naval, eólica, aeronáutica…). DTA es la encargada de diseñar y fabricar los sistemas de transporte especializados para la celda prototipo de montaje y soldadura multipropósito.

GH es una empresa fabricante de polipastos, grúas puente y componentes para grúas, aunque su gama de fabricación podemos encontrar otro tipo de productos como pórticos o grúas pluma. La grúa de GH se digitalizó para su integración con el gemelo digital.

Financiación

El proyecto F4ST, que se desarrollará entre los años 2019 y 2023, se integra dentro del Plan Estratégico de NAVANTIA (PEN) 2018-2022 en el que se define el Astillero 4.0 como uno de los tres ejes principales para aumentar su competitividad e incluyendo en el concepto no solo las transformaciones digitales, sino también la modernización de sus instalaciones físicas, cuenta con un presupuesto cercano a los 10 millones de euros y está subvencionado por la Axencia Gallega de Innovación a través del **Programa**

Industrias do futuro 4.0 (tercera convocatoria), apoyado por la Vicepresidencia segunda y Consellería de Economía, Empresa e Innovación de la Xunta de Galicia y cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional - FEDER Galicia 2014-2020 “Una manera de hacer Europa”, dentro del objetivo temático 1, “potenciar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación”

AXENCIA GALEGA DE INNOVACIÓN

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa